Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg
(Direktor: Professor Dr. R. Naujoks)

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WIRKSAMKEIT VON WASSERSTRAHLGERÄTEN

Inaugural - Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Raimund Hägele
aus Schwäbisch Gmünd

Würzburg, den 1. Juli 1982

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-
und Kieferkrankheiten Würzburg
(Direktor: Professor Dr. R. Naujoks)

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WIRKSAMKEIT VON WASSERSTRAHLGERÄTEN

Inaugural - Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Raimund Hägele
aus Schwäbisch Gmünd

Würzburg, den 1. Juli 1982

Referent: Priv.-Doz. Dr. W. Wiedemann

Korreferent: Prof. Dr. R. Naujoks

Dekan: Prof. Dr. K.-A. Bushe

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Aufgabenstellung	8
III.	Material und Methode	9
	1. Bestimmung der Spülkraft und Wassermenge	9
	1.1. Kombinierter Gas-Flüssigkeitsmanometer	10
	1.2. Messung der Spülkraft mittels Dehnungsmeßstreifen	12
	1.3. Bestimmung der geförderten Wassermenge	14
	2. Spülung von Zahnfleischtaschen	15
	2.1. Bestimmung des Einflusses der Pulsation des Wasserstrahls auf die Spülwirkung	15
	2.2. Abhängigkeit der Spülwirkung von der Form der Düsenmündung	16
IV.	Auswertung der Ergebnisse	18
	1. Ergebnisse der Spülkraftmessung	18
	1.1. Manometrisch gemessene Werte	18
	1.2. Spülkraftmessung mittels Dehnungsmeßstreifen	20
	1.3. Ergebnisse der Wassermengenmessungen	24
	2. Ergebnisse der Zahnfleischtaschenspülungen	26
	2.1. Vergleich von 3 einstrahligen Geräten	26
	2.2. Quantitative radiographische Ergebnisse des Vergleiches siebenstrahliges-einstrahliges Gerät	31
V.	Diskussion	35
VI.	Zusammenfassung	39
VII.	Literaturverzeichnis	40

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543526_0043

1. Einleitung

Karies und Parodontitis sind die häufigsten Gründe für einen frühzeitigen Zahnverlust.

Zur Beseitigung der ursächlichen Faktoren wurden in den letzten 15 Jahren zunehmend von seiten der Industrie Mundduschen bzw. Wasserstrahlgeräte angepriesen.

Die Wirkung dieser Geräte war bereits Thema zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten. Zusammenfassende Literaturübersichten erschienen 1970 (R. JANN), 1974 (R. JANN) sowie 1978 (F. SCHAER).
Dabei erfolgte insbesondere in den beiden zuletzt genannten Übersichten eine kritische Darstellung hinsichtlich:

- Allgemeiner Arbeitsweise (pulsierend - kontinuierlicher Wasserstrahl, Druck-, Volumenmessung etc.)
- Entfernung von Belägen und Plaques
- Einfluß auf die Entzündung
- Reduktion von Zahnstein
- Massagewirkung
- Einfluß auf zahnärztliche Materialien
- Wasserstrahlgeräte mit medikamentösen Spüllösungen
- Nebenwirkungen
  - Penetration von Fremdstoffen in Gewebe- und Blutkreislauf (z.B. Bakteriämie)
  - Gewebeverletzungen
- Indikationen

Auf die balneotherapeutisch angewandten Mundduschen bzw. den Paradentosprays wird in der hiesigen Arbeit nicht näher eingegangen, da sie bereits SCHAER in seiner Arbeit als überholte Methoden betrachtet.

SELTING, BHASKAR und MUELLER (1972) untersuchten die Möglichkeit der Spülung von Zahnfleischtaschen an einem Kunststoffmodell hinsichtlich

- der Abhängigkeit von der Wasserstrahlrichtung;
- dem Unterschied zwischen dem pulsierenden Strahl eines Wasserstrahlgerätes und dem kontinuierlichen Strahl einer Ballonspritze.

Dabei fanden sie, daß bei mittlerer bis maximaler Stufe die Spritzrichtung (parallel der Zahnachse oder senkrecht zur Zahnachse) keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Spülwirkung ergab; jedoch zeigte sich bei dem pulsierenden Wasserstrahlgerät eine erheblich bessere Spülwirkung gegenüber der Ballonspritze mit kontinuierlichem Strahl.

Eine Untersuchung an natürlichen Zahnfleischtaschen stammt von PITCHER et al. (1980). Extraktionsreife Zähne mit parodontalen Taschen (4 - 6 mm) wurden vor ihrer Entfernung entweder durch Mundspülung oder durch direktes Bespritzen (beides Mal enthielt die Flüssigkeit eine Anfärbelösung) angefärbt. Dabei zeigte sich, daß es beim Besprühen der Tasche mittels einer Spritze zu einer weitergehenden Anfärbung der subgingivalen Plaques kam, die jedoch ebenfalls nicht bis zur apikalen Grenze reichte.

Nach CUTRIGHT, BHASKAR und LARSON (1972) zeigen die bei der Anwendung von Wasserstrahlgeräten auftretenden Gewebsdrücke eine deutliche Abhängigkeit von

- dem verwendeten Gerät
- der verwendeten Spritzdüse (selbst bei verschiedenen Ansatzstücken des gleichen Gerätes) infolge von Turbulenzbildung
- dem Abstand der Düsenöffnung zum Gewebe.

Kein Zusammenhang ergab sich zwischen dem von dem Gerät erzeugten Arbeitsdruck und dem Gewebsdruck.

In der Arbeit von FOREMAN und APP (1972), in der eine Methode dargestellt wird, mittels welcher aus dem Düsenquerschnitt, der Wasserauswurfhöhe und Menge der

Druck bestimmt werden kann, wird festgestellt, daß die Düsenmündungen häufig Kanten, Eindellungen und Risse aufweisen, welche den Wasserdruck beeinflussen.

Umfangreiche Untersuchungen an Ratten und Hunden bezüglich der Wirksamkeit von Wasserstrahlgeräten ergaben folgende Ergebnisse (BHASKAR, CUTRIGHT, GROSS et al. 1971):

Bei Anwendung von pulsierendem bzw. kontinuierlichem Wasserstrahl mit gleichem Gewebsdruck ergaben sich im Bereich der attached Gingiva klinisch und histologisch keine Unterschiede, während sich im Zungenbereich beim kontinuierlichen Strahl häufiger Hämatome ausbildeten.
Die Autoren führten das schonungsvollere Arbeiten bei pulsierenden Geräten auf eine Gewebsdekompressionsphase zwischen den Impulsen zurück.
Eine möglicherweise bessere Spülwirkung (z.B. von Zahnfleischtaschen) aufgrund der gleichen Tatsache wird diskutiert.
Die Reinigungskraft bei verschmutzten Wunden war bei dem pulsierenden Wasserstrahl gegenüber dem kontinuierlichen Strahl einer Ballonspritze signifikant besser.
Das gleiche Ergebnis fand sich bezüglich der Keimbesiedlung. Es kam beim pulsierenden Strahl zu einer deutlich besseren Reduktion der Bakterienzahl.

Als optimaler Abstand von Düsenspitze zur Zahnoberfläche wurden 2 - 5 mm angegeben (MARTENS, in SCHAER 1978).

Von LUGASSY, LAUTENSCHLAGER et al. (1971) wurden 9 verschiedene Apparate (mit pulsierendem und kontinuierlich fließendem Wasserstrahl) miteinander verglichen.
Es fanden sich zum Teil erhebliche Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften (Wasserauswurfmenge, Pulsationsfrequenz, Druck, Strahlgeschwindigkeit, Strömungsprofil und Zerstäubungswirkung) der Geräte.

Arbeitsdruckerhöhung ergab meist Abnahme der Pulsationsfrequenz. Ein turbulenter Wasserstrahl war in allen Fällen zu finden. Weiterhin wurde die Beständigkeit von Zink-Phosphat-Zement gegenüber dem Bespritzen mit Wasserstrahlgeräten über-

prüft. Eine schädigende Wirkung konnte nicht nachgewiesen werden.

Ein weiterer technischer Vergleichstest liegt von BECHSTEIN (1978) vor. Er untersuchte ein handelsübliches siebenstrahliges, ein einstrahliges sowie ein doppelstrahliges Gerät bezüglich der Fördermenge, Ausströmungsgeschwindigkeit und der erzeugten kinetischen Energie.
Dabei stellte er fest, daß bei einer siebenstrahligen Düse infolge der geringeren kinetischen Energie des einzelnen Strahles (min. 0.004 Joule; max. 0.021 Joule) der Reinigungswert minimal ist, da nicht alle Strahlen (zusammen: min. 0.031; max. 0.138) gleichzeitig einen Zwischenraum erreichen können. Weiterhin fand sich die kinetische Energie der Einfachdüse größer als die Summe der Einzelstrahlen einer Doppeldüse.

Alle Geräte wiesen eine erhebliche Minderung des Anfangsimpulses infolge einer Art Windkesselfunktion der Plastikschläuche auf.

Zu einem gegenteiligen Ergebnis kommen LANGE et al. (1976) in ihrer Untersuchung über die Wirksamkeit von Wasserstrahlgeräten im Bereich der Gingiva. Der Vergleich zwischen einem ein- und siebenstrahligen Gerät (durchgeführt an 10 Probanden) ergab eine signifikant bessere Reinigungskraft (raschere Plaquesreduktion) des Mehrstrahlers. Zurückgeführt wurde dieses Ergebnis auf eine wesentlich höhere Energie und Aufprallgeschwindigkeit des Wasserstrahls.

Bei einer ähnlich durchgeführten Studie (LANG und RÄBER (1981)) zeigte sich, daß die Hemmung der Plaquesbildung auf den Interproximalflächen mit dem Mehrstrahler (Broxojet 3007) signifikant besser war als beim Einstrahler (Water-Pik) unter Verwendung von 0,05 % Chlorhexidin Glukonatlösung.

Eine größere Reinigungskraft mehrstrahliger Düsen im Bereich von Wunden fanden CARLSON et al. (1971). Gleichzeitig zeigte sich eine geringere Penetration der Strahlflüssigkeit (Röntgenkontrastmittel) in tiefere Gewebsschichten als bei Einstrahlern.

Dieser Befund wird durch eine Studie von GROWER und BHASKAR (1972) bestätigt; mit radioaktivem Zinkchlorid verunreinigte Wunden wurden mittels mehrstrahliger Düsen besser gereinigt.

SELTING und BHASKAR (1973) stellten anhand eines Vergleichs (ein- und mehrstrahlige Apparate) fest, daß mehrstrahlige Düsen wahrscheinlich im mittleren und oberen Arbeitsbereich in der Wirksamkeit in etwa einstrahligen Geräten entsprechen, jedoch im unteren Einstellungsbereich unzureichend sind.

Einigkeit unter den Autoren besteht im wesentlichen darin, daß eine Reinigungswirkung der Wasserstrahlgeräte bezüglich gelöster und teilweise geformter Bestandteile (z.B. Ablagerungen von Nahrungsresten, Bakterien, Materia alba) besteht, während der Einfluß auf haftende Beläge (Plaques, Zahnstein, eingekeilte Speisereste) sehr unterschiedlich beurteilt wird.

Es gilt inzwischen jedoch als gesichert, daß eine vollständige Entfernung nicht möglich ist (SCHAER (1978), auch unter Verwendung von medikamentösen Zusätzen.

Plaques-Neubildung, Zahnsteinbildungen und Entzündungen werden jedoch angeblich unter Verwendung einer niedrig konzentrierten Chlorhexidinlösung fast vollständig gehemmt (LANGE et al. (1976); BOLLERHOF und FIEDLER (1981)), wobei durch die Anwendung von Wasserstrahlgeräten die Dosierung sehr niedrig gehalten werden kann und damit die Nebenwirkungen der chemischen Zusätze (Verfärbungen, Geschmacksempfindungsveränderungen) kaum zum Vorschein kommen (LANG und RÄBER (1981)).
Als optimal wird dabei die tägliche Applikation von 400 ml 0.02 % Chlorhexidinlösung mittels eines mehrstrahligen Wasserstrahlgerätes angegeben (LANG und RAMSEIER-GROSSMANN (1981)).
Bei REBSTEIN et al. (1978) zeigte sich unter der Verwendung einer 0,025 %-igen Chlorhexidin-Dosierung (Wasserstrahlgerät: Broxojet 3007) eine erste plaqueshemmende Wirkung. Es stellten sich jedoch nach 7 Tagen noch keine Besserungen der gingivalen Verhältnisse ein.

DERDIVANIS et al. (1978) fanden in ihrer Untersuchung keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Plaquesneubildung in Abhängigkeit von der Anwendung eines Wasserstrahlgerätes mit der Spülflüssigkeit Wasser oder speziellem Mundwasser oder völligem Nichtgebrauch des Gerätes.

Zu einem anderen Ergebnis kommt HUGOSON (1978). Zwar fand sich bei der alleinigen Anwendung eines Wasserstrahlgerätes (Water-Pik, Druck: 4,93 kp/cm^2 ebenfalls eine extensive Plaquesansammlung und Gingivitis, jedoch signifikant weniger als bei Nichtgebrauch. Die zusätzliche Anwendung des Wasserstrahlgerätes neben der Zahnreinigung mittels einer Zahnbürste erwies sich als relativ sinnlos. Es ergaben sich keine Unterschiede.

Untersuchungen über den optimalen Arbeitsbereich der Wasserstrahlgeräte ergaben:

1. Spülstärken, die 8 pond überschreiten werden von Probanden im allgemeinen als schmerzhaft empfunden, unabhängig von der Pulsationsfrequenz (RALPH R. LOBENE (1971)).

2. Ein erzeugter Gewebsdruck von 6,34 kp/cm^2 bei reizlosen Mundschleimhautverhältnissen und 3,52 - 4,93 kp/cm^2 beim Vorliegen einer Entzündung werden beim Menschen als normalerweise unschädlich angesehen (BHASKAR, CUTRIGHT et al. (1971); HUGOSON (1978)).

Als möglicherweise auftretende Nebenwirkungen bei der Anwendung von Wasserstrahlgeräten wird neben einer Gewebsschädigung die Bakteriämie diskutiert.

PLAGMANN et al. (1971) weisen auf die Möglichkeit der Mikroläsion des Epithelansatzes und eventuell auf die Versprengung von Plaquesmaterial in tiefere Abschnitte des inneren Saumepithels durch einen in den Sulcus gerichteten Wasserstrahl hin. Gleichzeitig stellen die Autoren fest, daß eine gewünschte Keratinisierung des Saumepithels bei Anwendung von Wasserstrahlgeräten nicht eintritt.

Letzteres wurde bereits von CANTOR und STAHL (1969) nachgewiesen.

Als Indikationen zur Benützung von Wasserstrahlgeräten als Adjuvans zur Zahnreinigung mittels einer Zahnbürste gelten u.a.

die Multibandbehandlung (SCHUMACHER (1976)),

die intermaxilläre Verschnürung (TEMPEL et al. (1975))

sowie Behinderte

- bezüglich der Zugänglichkeit (z.B. Patienten die an Xerostomie leiden),
- Einschränkung der manuellen Geschicklichkeit,
- Debile

(SCHAER (1978)).

II. Aufgabenstellung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind Vergleichsuntersuchungen von zur Zeit handelsüblichen Wasserstrahlgeräten, um ihre Wirksamkeit zu objektivieren.

Aus dem Studium der Literatur ergaben sich aufgrund der bisher gefundenen, zum Teil stark differierenden sowie fehlenden Ergebnisse folgende Fragestellungen:

1. Größe der auftretenden Spülkräfte und Wasserfördermengen bei zur Zeit handelsüblichen Wasserstrahlgeräten

2. Möglichkeit der Spülung von Zahnfleischtaschen in Abhängigkeit von
   - der Pulsation des Wasserstrahls s o w i e
   - der Form der Düsenmündung

   ein / mehrstrahlig.

Gleichzeitig soll eine Methode dargestellt werden, die eine in vivo Untersuchung ermöglichen soll.

III. Material und Methode

1. Bestimmung der Spülkraft und Wassermenge.

Es wurden zufallsmäßig 10 verschiedene, sich im Handel befindliche Wasserstrahlgeräte herangezogen:

a) Rowenta dentajet MH 69
b) Broxojet 3007
c) Water-Pik 6 A 52-G
d) Philips Mundspüle HP 5203
e) AEG Dentalux T
f) Braun dental md 1
g) Privileg Mundhygiene Center
h) Hydrojet perfekt MD 40
i) Euras Elektrodent Center
j) Japanisches Gerät

Die Messung der Spülstärke erfolgte über zwei Methoden, wobei eine Simulation der Verhältnisse in der Mundhöhle angestrebt wurde, mittels

- kombiniertem Gas-Flüssigkeitsmanometer
  - Messung mit Rückstreuung des Wasserstrahls
- Dehnungsmeßstreifen
  - Messung ohne Rückstreuung des Wasserstrahls. (Diese Messung entspricht dem unelastischen Stoß)

Dabei sollen die auf das Gewebe wirkenden Kräfte des Wasserstrahles gemessen werden.

1.1. Kombinierter Gas-Flüssigkeitsmanometer

Aufbau:

Eine, mit einer Gummimembran (Cofferdam d = 140 µm, zentral durch Flickgummi d = 700µmverstärkt) überzogene Kunststoffdose (d = 5,5 cm, Höhe = 2,5 cm) wurde bis zu einer Höhe von 1,5 cm mit 70 %, mittels Fluorescein gefärbtem Alkohol gefüllt.
Daran angeschlossen wurde ein Steigrohr (Neigung 5°) mit einer Meßskala.

Die Entfernung der Düsenspitze bis zur verstärkten Gummimembran betrug 5 mm (die Verstärkung war notwendig, da sich in Vorversuchen zeigte, daß bei mittlerer bis maximaler Einstellung der meisten Geräte innerhalb kürzester Zeit die Gummimembran durchlöchert war).

Das Spritzwasser (Temperatur 24°C) wurde über eine Umlaufpumpe in die Wasserbehälter der Geräte zurückbefördert.
Das Spritzwasser konnte von der Membran frei abprallen (Messung mit Rückstreuung).

Meßabfolge:

Nach jeweils 30 Sekunden Probelauf auf der mittleren Stufe erfolgten anschließend je 3 Messungen auf minimaler, mittlerer und maximaler Stufe.

Dabei wurde die Änderung des Flüssigkeitspegels im Steigrohr abgelesen.

Aus den gefundenen Werten wurden die Mittelwerte errechnet. Ihnen konnte über eine Eichkurve eine Krafteinheit zugeordnet werden.
Die Eichkurve wurde ermittelt durch das Auflegen von unterschiedlichen Gewichten auf die Gummimembran.

Abb. 1: Aufsicht auf die Versuchsanordnung

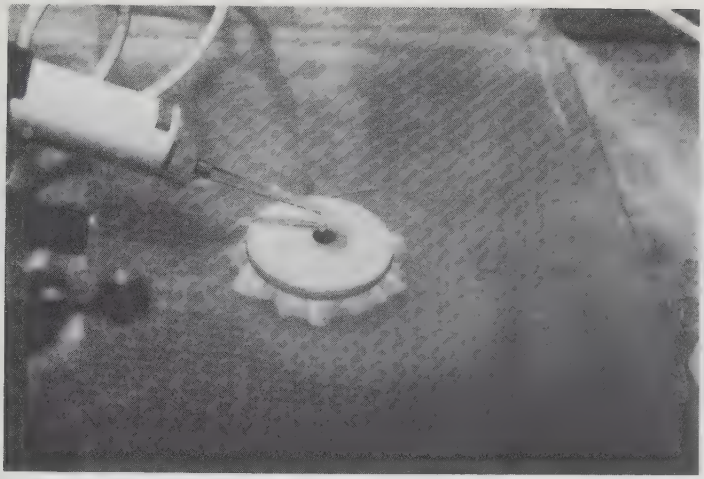
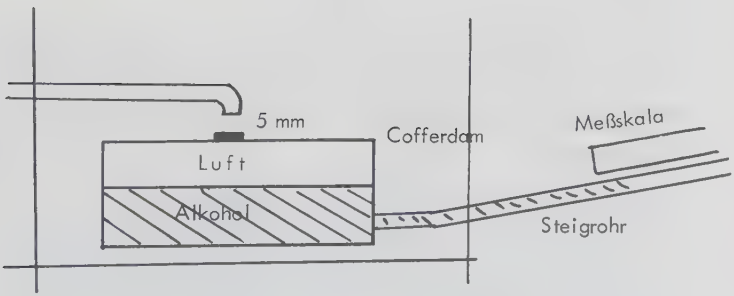


Abb. 2: Schematische Darstellung der Meßanordnung



1.2. Messung der Spülkraft mittels Dehnungsmeßstreifen

Ein Dehnungsmeßstreifen (angepaßt für $\alpha = 11 \cdot 10^{-6}/K$; Widerstand 120.0 Ω) der Firma Hottinger wurde auf ein 10 cm langes, 1,5 cm breites und 0,1 cm dickes Federstahlblatt aufgeklebt (in der Mitte).

Ein Ende wurde stabil befestigt; am freien Ende des Federstahlblattes wurde eine Plastikdose (d = 3 cm, Höhe = 2 cm) in der sich eine Einspritzöffnung (d = 1 cm) und eine Wasserauslauföffnung (d = 0,7 cm) befand, befestigt.

Spritzrichtung und Auslenkung der Feder waren in horizontaler Richtung. Der Abstand der Spritzdüsenmündung zur Dosenöffnung betrug 5 mm.

Das Spülwasser (Temperatur 24°C) wurde ebenfalls über eine Umlaufpumpe in die Wasserbehälter zurückbefördert.

Durch das Einspritzen in die weitgehend geschlossene Dose wurden die reflektierten Anteile des Wasserstrahls aufgefangen (Bestimmung des Impulsflusses).

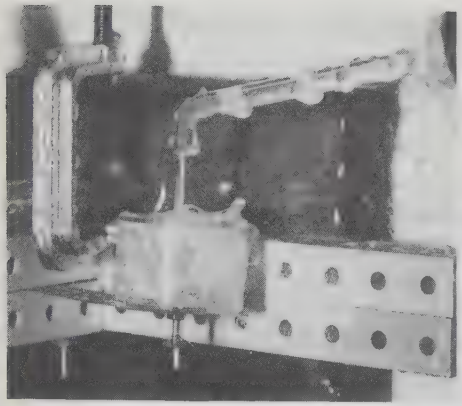
Die Registrierung der Widerstandsänderung des Dehnungsmeßstreifens erfolgte mittels eines X-t-Schreibers.

Meßabfolge:

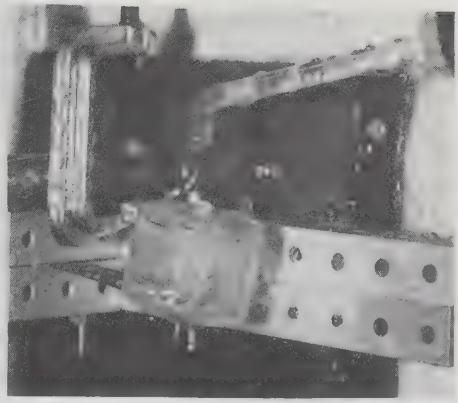
Nach jeweils 30 Sekunden Probelauf auf der mittleren Stufe wurde die Nullinie bestimmt; anschließend wurden pro Stufe (gesamte Skala der Geräte) je 3 Messungen durchgeführt.

Hier wurden ebenfalls aus den gefundenen Werten die Mittelwerte errechnet. Über eine Eichkurve konnte eine Krafteinheit zugeordnet werden. Durch Belastung des Federstahlblattes mit unterschiedlichen Gewichten wurde die Eichkurve ermittelt.

Abb. 3: Aufsicht auf die Versuchsanordnung (Blick von oben)

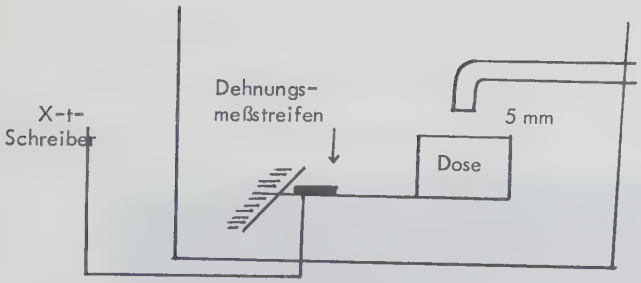


pulsierende Phase



interpulsierende Phase

Abb. 4: Schematische Darstellung der Meßanordnung (Aufsicht)



1.3. Bestimmung der geförderten Wassermenge

Die Messungen erfolgten nach 30 Sekunden Probelauf über jeweils 30 Sekunden bei minimaler, mittlerer und maximaler Einstellung.
Bei 3 Geräten (Rowenta, Braun, Hydrojet) erfolgte die Bestimmung auf jeder Stufe.

Dazu wurden die Wasserbehälter zunächst vollständig gefüllt; die geförderte Wassermenge wurde in einem Meßkolben aufgefangen.

2. Spülung von Zahnfleischtaschen

Unter Verwendung einer künstlichen Zahnfleischtasche (LIEBERS, F. (Dissertation in Vorbereitung)) wurden zwei Untersuchungen durchgeführt:

2.1 Bestimmung des Einflusses der Pulsation des Wasserstrahls auf die Spülwirkung.

Die künstliche, 6 mm tiefe Tasche wurde mit Hilfe einer Injektionsspritze mit einer blauen, dickflüssigen, gelatinösen Flüssigkeit vollständig gefüllt (hergestellt von LIEBERS, F,).

Herangezogen wurden 3 einstrahlige Wasserstrahlgeräte, die bei jeweils gleichen Spülkräften auf 3 Stärkestufen miteinander verglichen wurden.

Dabei wiesen 2 Geräte eine gute Impulstrennung auf, beim dritten Gerät war sie nur gering. Die Beobachtung erfolgte stroboskopisch.

Unter Simulation der Anwendung der Geräte im Mundbereich wurde von 3 Probanden der Taschen-Zahnbereich im Abstand von ca. 0,5 - 1 cm senkrecht zur Zahnachse bespritzt bis zur vollständigen Reinigung der Tasche.

Dies wurde optisch an der durchsichtigen Rückseite der Tasche festgestellt. Die Zeit vom Beginn des Bespritzens bis zur vollständigen Reinigung wurde gestoppt. Je kürzer die Zeitdauer, um so besser war die Reinigungswirkung.

Jeder Proband führte pro Stufe und pro Gerät fünf Versuche aus. Nach jedem Versuch wurde die Tasche neu gefüllt.

Abb. 5: Wasserstrahl mit guter Impulstrennung

2.2. Abhängigkeit der Spülwirkung von der Form der Düsenmündung

Bestimmung mit Hilfe der quantitativen Radiographie.

Zur Untersuchung kamen 2 Geräte:

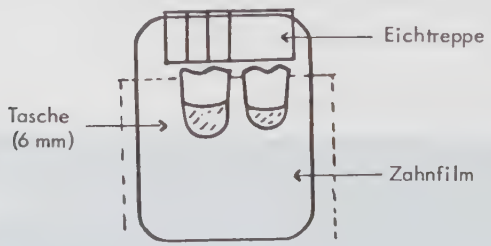
Rowenta dentajet als Einstrahler,
Broxojet 3007 als Mehr- (sieben) Strahler.

Simulationsobjekt war wiederum die künstlich hergestellte Zahnfleischtasche.

Die 6 mm tiefe Tasche wurde mittels einer Injektionsspritze mit dem flüssigen Röntgenkontrastmittel Conray 80 (Natrium-iotalamat, 480 mg Jod/ml, Viskosität 8 mPa s bei 37,5°C) vollständig gefüllt.

Es wurde nun eine Vergleichsuntersuchung bei Stufen mit gleicher Spülkraft durchgeführt.
Spritzabstand 0,5 - 1 cm, Richtung senkrecht zur Zahnachse unter Simulation der Bewegungen bei Anwendung im Mundbereich.
Spritzdauer: 4 Sekunden.
Vor und nach dem Spritzvorgang wurden Röntgenaufnahmen hergestellt (üblicher Zahnfilm und Röntgengerät), sowie Leeraufnahmen der Taschen. An dem Zahnfilm war eine aus vier Aluminiumplatten bestehende Eichtreppe befestigt; Stufendicken: 0,5 mm; 1 mm; 1,5 mm; 2 mm.

Abb. 6: Zahnfilm mit Tasche; Eichtreppe



Die Auswertung wurde durchgeführt mit Hilfe eines Scanning-Mikroskop-Densitometers der Firma Zeiss sowie zweier EDV-Rechner (Incos und Capro der Firma INCAA, Apeldoorn, Holland).

Mit dem Scanning-Mikroskop-Densitometer wurden die Zahnfilme (Radiogramme) im Durchlicht abgescannt, die Grauwerte erfaßt und elektronisch gespeichert.

Die Grauwertdaten wurden mit Hilfe der EDV-Anlage visuell und quantitativ ausgewertet.

Die visuelle Auswertung wurde durch Kontraststeigerung verbessert. Die unterschiedlichen Grauwerte wurden über eine 16-stufige Farbskala am Monitor dargestellt. Diskrete Veränderungen können somit genauer erfaßt werden (REINHARD 1980).

Zunächst wurden die Transmissionswerte der Röntgenbilder mit Hilfe der stets mitbelichteten Aluminium-Treppe in bezüglich der Absorption äquivalente Aluminiumdicken umgewandelt. Auf diese Weise wurden alle Dateien vergleichbar.
Der Tascheninhalt nach der Spülung konnte nun berechnet werden, indem von den standardisierten Dateien jeweils die Datei der leeren Tasche Punkt für Punkt subtrahiert wurde.

IV. Auswertung der Ergebnisse

1. Ergebnisse der Spülkraft-Messung

1.1 Manometrisch gemessene Werte

Gerät	Spülkraft (pond) bei Stufe:		
	min	med	max
Rowenta	0,8	2,6	15,4
Broxojet	2,4	6,0	11,2
Water-Pik	1,3	3,3	14,6
Philips	0,8	1,6	6,1
AEG	1,8	4,0	18,9
Braun	1,0	1,9	14,0
Privileg	3,5	4,8	6,3
Hydrojet	0,8	2,2	15,7
Euras	0,6	-	5,2
Japan. Gerät	2,0	3,0	5,7

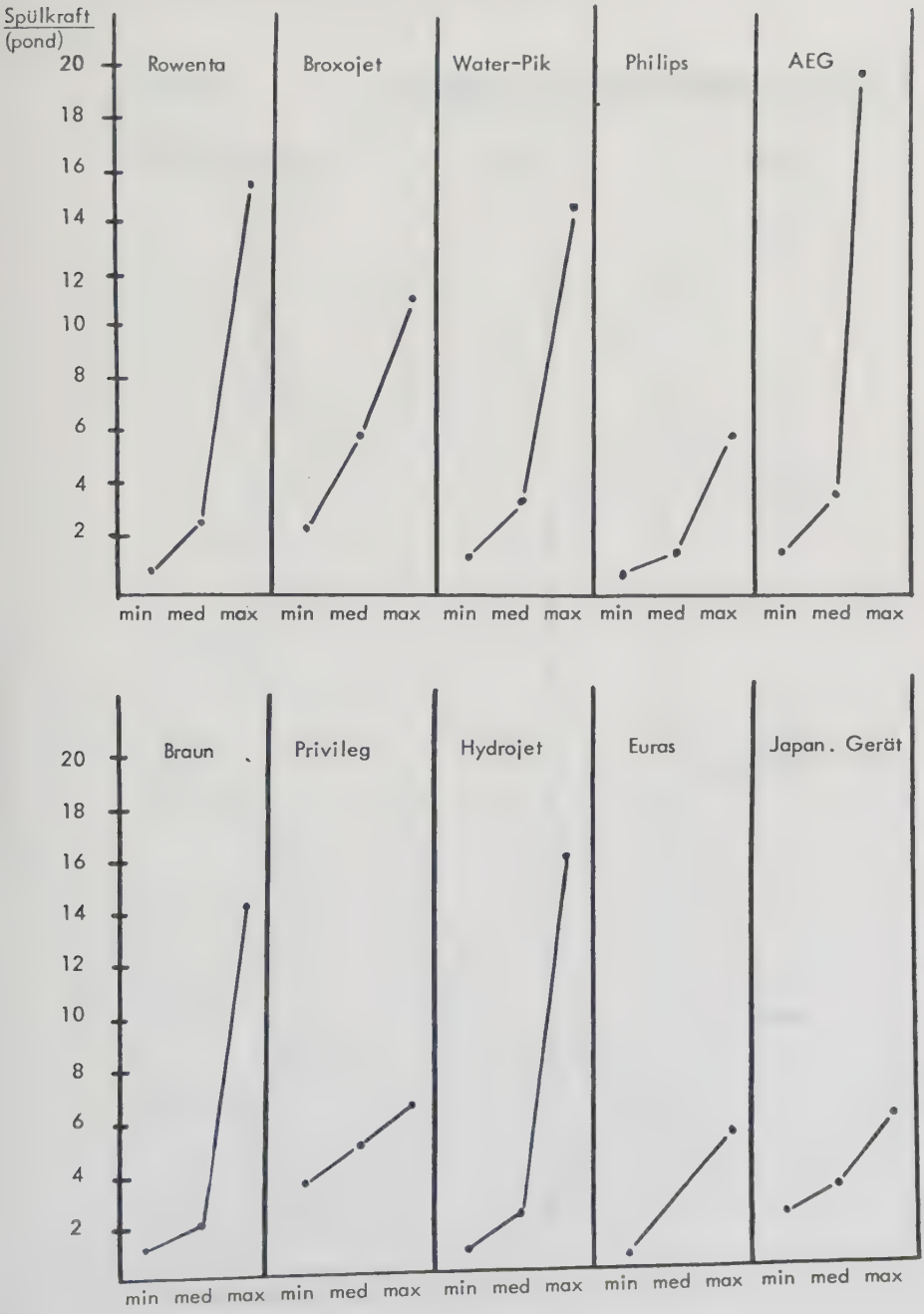
(min = minimale Einstellung, med = mittlere Einstellung, max = maximale Einstellung).

Die obigen Daten wurden aus den Meßwerten über eine Eichkurve ermittelt (lineare Regressionskurve).

Bei dem Gerät Euras war der kaum reproduzierbare mittlere Skalenwert ausgelassen worden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen deutlich die v.a. im maximalen Arbeitsbereich vorhandenen unterschiedlichen Spülstärken.

Abb. 7: Darstellung der manometrisch gemessenen Werte



1.2. Spülkraft-Messung mittels Dehnungsmeßstreifen

Gerät	Stufe	Spülkraft (pond)
Rowenta	1	0,8
	2	1,5
	3	2,3
	4	4,2
	5	7,2
	6	12,4
Broxojet	1	2,3
	2	3,2
	3	4,4
	4	6,2
	5	8,4
	6	11,4
	7	11,8
Water-Pik	lo	1,0
	2	1,4
	4	2,4
	6	4,5
	8	8,8
	hi	13,7
Philips	lo	0,6
	2	0,7
	4	1,0
	6	1,4
	8	2,0
	hi	6,3

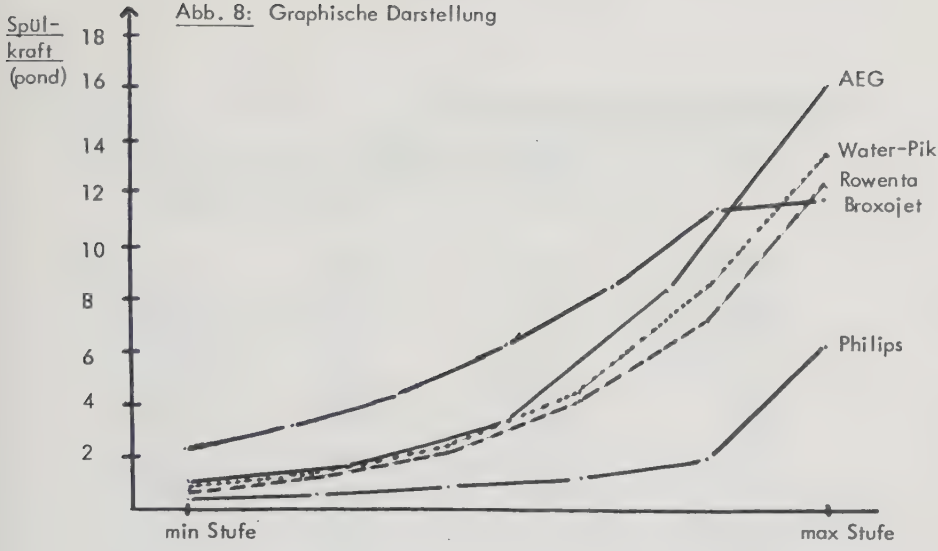
Gerät	Stufe	Spülkraft (pond)
AEG	1	1,1
	2	1,7
	3	3,4
	4	8,5
	5	16,3
Braun	2	0,6
	3	0,7
	4	1,1
	5	2,0
	6	4,4
	7	7,0
	8	11,4
Privileg	1	3,0
	2	3,8
	3	4,4
Hydrojet	1	0,8
	2	1,0
	3	2,0
	4	4,4
	5	10,8
Euras	min	0,8
	max	4,5
Japan. Gerät	1	1,8
	2	2,0
	3	2,8
	4	4,1
	5	5,1

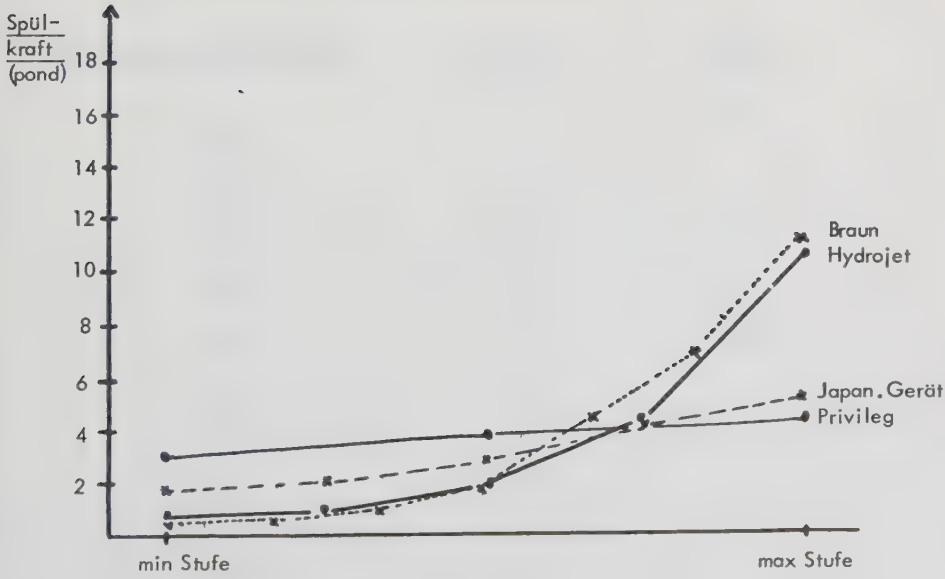
Die Daten der beiden letzten Seiten wurden ebenfalls aus den Rohwerten über eine Eichkurve ermittelt (nicht lineare Regressionskurve).
Die Meßwerte im oberen Arbeitsbereich waren meist geringer als bei der offenen manometrischen Messung.

Die Abbildung 8 zeigt den Spülstärkenverlauf, wobei der Geräte-Skalenbereich von der minimalen bis zur maximalen Einstellung jeweils durch die gleiche Strecke auf der X-Achse dargestellt wurde.

Die mit Hilfe dieser Methode ermittelten Ergebnisse bildeten die Grundlage für die nachfolgenden Vergleichsuntersuchungen verschiedener Geräte.

Abb. 8: Graphische Darstellung





1.3. Ergebnisse der Wassermengenmessungen:

Gerät	produzierte Wassermenge (ml/s) bei Stufe		
	min	med	max
Rowenta	2,26	4,70	6,53
Broxojet	2,40	4,40	5,73
Water-Pik	1,40	3,80	6,76
Philips	1,40	2,86	5,02
AEG	1,80	3,26	7,46
Braun	1,46	2,50	6,33
Privileg	2,43	3,20	3,43
Hydrojet	1,40	2,60	6,80
Euras	2,10	6,13	7,10
Japan. Gerät	1,73	2,33	3,53

Bei drei Geräten wurde die geförderte Wassermenge auf jeder Stufe bestimmt:

Gerät	Stufe	geförderte Wassermenge (ml/s)
Rowenta	1	2,26
	2	3,06
	3	4,50
	4	5,66
	5	7,0
	6	6,53
Braun	2	1,46
	3	1,60
	4	2,10
	5	2,50
	6	3,66
	7	4,73
	8	6,33

Gerät	Stufe	geförderte Wassermenge (ml/s)
Hydrojet	1	1,40
	2	1,80
	3	2,60
	4	4,42
	5	6,80

2. Ergebnisse der Zahnfleischtaschenspülungen

2.1 Vergleich von 3 einstrahligen Geräten bezüglich der Spülwirkung bei gleicher Spülkraft: Einfluß der Pulsation des Wasserstrahls

Gerät	Spülkraft (pond)	Stufe	durchschnittl. Zeitdauer (s) ± Standardabweichung $\bar{x}$		s_x
Rowenta	0,8	1	16,80	±	4,04
	2,3	3	4,33	±	1,34
	4,2	4	1,93	±	0,42
Braun	0,7	3	55,46	±	12,30
	2,0	5	11,33	±	3,26
	4,4	6	1,93	±	0,37
Hydrojet	0,8	1	26,46	±	7,14
	2,0	3	3,66	±	1,54
	4,4	4	1,63	±	0,52

(durchschnittliche Zeitdauer = Zeit bis zur vollständigen Reinigung einer künstlichen Zahnfleischtasche).

Signifikanz der durchschnittlichen Zeitdauerwerte

t-Test, p = 0,01; zweiseitig

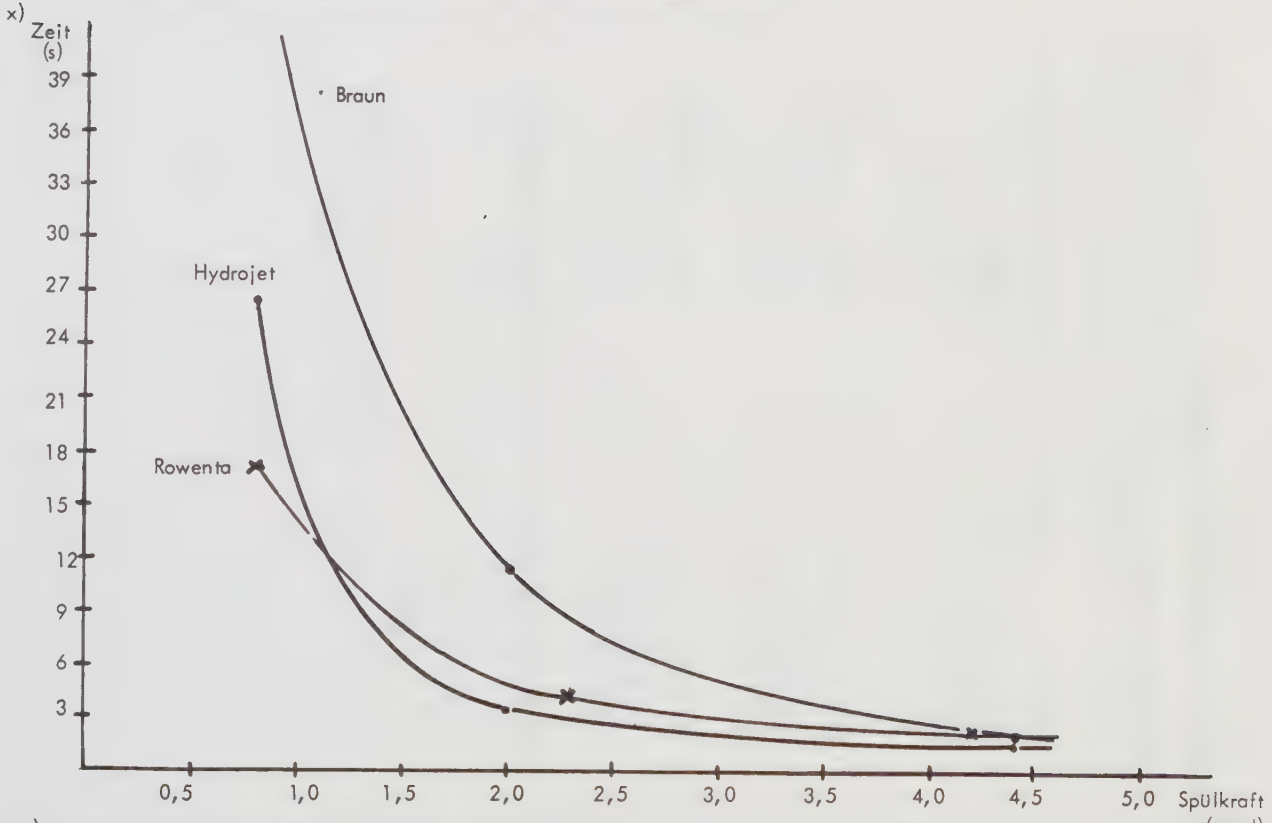
Gerät	Signifikanz	durchschnittl. Zeitdauer (Sek.)
Row 1/Braun 3	s	16,80 / 55,46
Row 1/Hydro 1	s	16,80 / 26,46
Braun 3/Hydro 1	s	55,46 / 26,46
Row 3/Braun 5	s	4,33 / 11,33
Row 3/Hydro 3	ns	4,33 / 3,66
Braun 5/Hydro 3	s	11,33 / 3,66
Row 4/Braun 6	ns	1,93 / 1,93
Row 4/Hydro 4	ns	1,93 / 1,63
Braun 6/Hydro 4	ns	1,90 / 1,63

(Row = Rowenta, Hydro = Hydrojet, Ziffer bezeichnet die Stufe)

s = signifikant

ns = nicht signifikant

Abb. 9: Darstellung des Vergleiches von 3 einstrahligen Geräten



x) Zeitdauer bis künstliche Tasche vollständig gespült

Ergebnisse der stroboskopischen Messung der Impulsfrequenz sowie der Impulstrennung:

Gerät:	Frequenz (Hz)	Impulstrennung auf Stufe		
		min	med	max
Rowenta	1253	+++	++	+
Braun	1173	-	(+)	+
Hydrojet	1216	+++	+++	+++

Die weiteren stroboskopischen Messungen wurden übernommen von LIEBERS, F.:

Philips	1188	++	+	-
Water-Pik	1235	+++	++	+
Broxojet	2670	++	++	++
AEG	1240	+++	++	+
Euras	2700	-	-	-
Privileg	3000	-	-	-

Dabei bedeuten:
+++ = gute Impulstrennung, deutlicher Abstand
++ = Trennung gut erkennbar
+ = gerade noch Impulstrennung
- = keine Trennung, starkes Nachlaufen

Auffallend ist die signifikant schlechtere Spülwirkung des Wasserstrahlgerätes von Braun gegenüber Hydrojet (Braun 5 / Hydrojet 3) bei exakt gleichen Spülkräften (2 : 2) sowie annähernd gleicher Wassermengenproduktion (2,5 : 2,6).

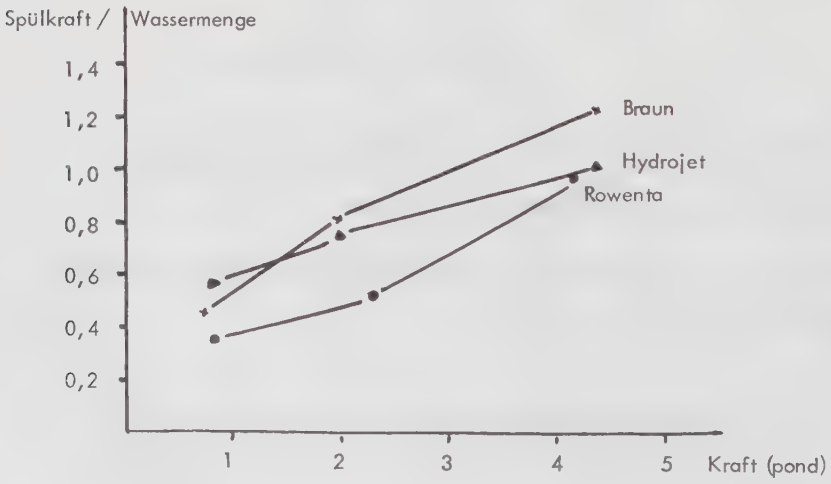
Hier zeigte die stroboskopische Messung und Beobachtung eine nur gering vorhandene bzw. fehlende Impulstrennung bei Braun.

Verhältnis Spülkraft/Wassermenge in Abhängigkeit von der Spülkraft

Gerät	Spülkraft F (pond)	Wassermenge m (ml/s)	Spülkraft/Wassermenge
Rowenta	0,8	2,26	0,35
	2,3	4,50	0,51
	4,2	5,60	0,75
Braun	0,7	1,60	0,43
	2,0	2,50	0,80
	4,4	3,66	1,20
Hydrojet	0,8	1,40	0,57
	2,0	2,60	0,76
	4,4	4,42	0,99

Die nachfolgende Darstellung zeigt die zunehmende Vergrößerung des Verhältnisses Spülkraft / Wassermenge bei Steigerung der Spülstärke der Geräte.

Abb. 10:



2.2. Quantitative radiographische Ergebnisse des Vergleiches siebenstrahliges - einstrahliges Gerät bei gleicher Spülkraft

Die Werte aus der Subtraktionsdatei wurden ermittelt über ein Konvertierungsprogramm nach vorheriger Normierung der Röntgenbilder durch die definierten Graustufen der Eichtreppe und der daran anschließenden Subtraktion der "leeren Tasche" (ohne Röntgenkontrastmittel) von allen Bildwerten. Durch Umrechnung (die Bildpunktgröße betrug 0,1 x 0,1 mm) erhält man den quantitativen Wert für den verbliebenen Taschenінhalt.

Das Punktraster der verschiedenen Radiogramme war nicht vollständig deckungsgleich. Dadurch bleibt bei der Subtraktion zusätzlich im Mittel eine Restfläche.

Restfläche: 4,56 mm^2 (Ermittelt durch die Subtraktion zweier "leerer" Taschen voneinander).

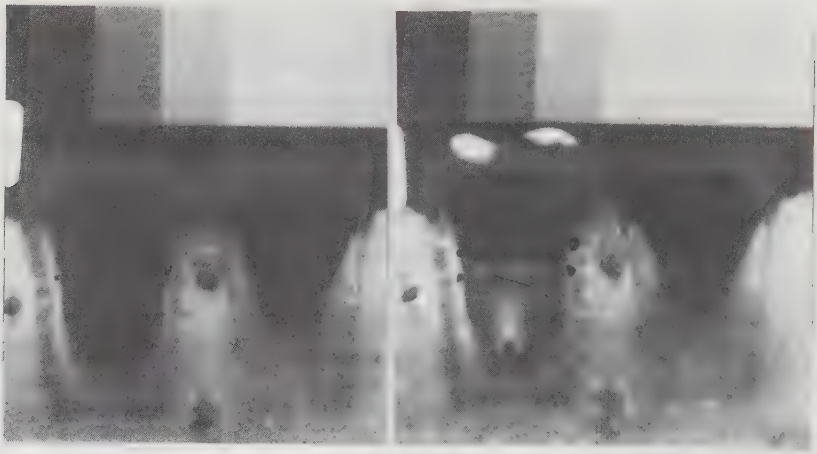
Taschenінhalt:

Volle Tasche: inclusive Restfläche 22,97 mm^2 abzüglich Restfläche 18,41 mm^2

Gerät	Spülkraft (pond)	Stufe	Taschenінhalt (mm^2): inclusive Restfläche $\bar{x} \pm s_x$	abzüglich Restfläche
Broxojet	2,3	1	11,51 ± 1,30	6,95
Rowenta	2,3	3	5,29 ± 0,86	0,73

Die aus jeweils 3 Versuchen gemittelten Ergebnisse stellen den restlichen Taschenінhalt nach 4 Sekunden Bespritzen dar.

Abb. 11: Röntgenaufnahmen der künstlichen Zahnfleischtasche mit Aluminium-Eichtreppe



ohne Kontrastmittel

mit Conray 80® gefüllt

Abb. 12: Eichtreppenkurve; die 4 Punkte entsprechen den 4 Aluminiumdicken der Eichtreppe (Computerzeichnung)

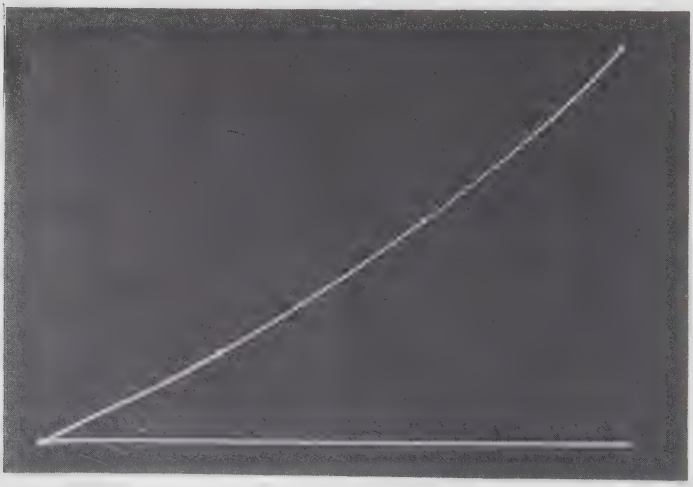


Abb. 13: Künstliche Zahnfleischtasche ohne Kontrastmittel (leere Tasche); konvertiertes Bild. Am linken Bildrand befindet sich die 16-stufige Farbskala.

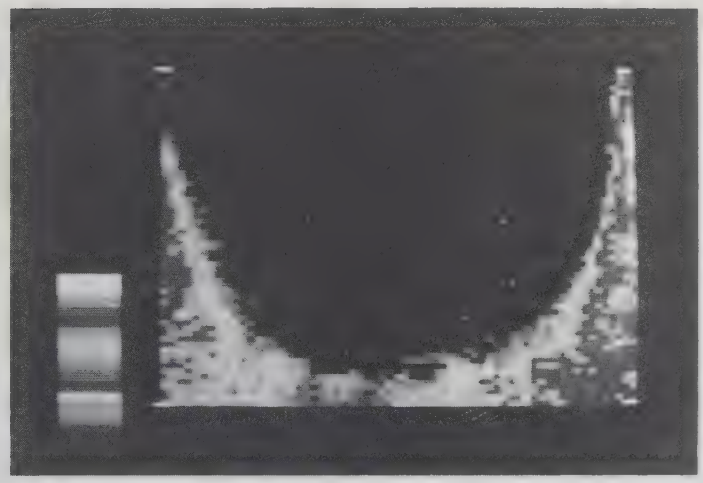


Abb. 14: Tasche mit Kontrastmittel voll gefüllt. Zustand nach Subtraktion der leeren Tasche. Der Taschenumfang ist weiß markiert.

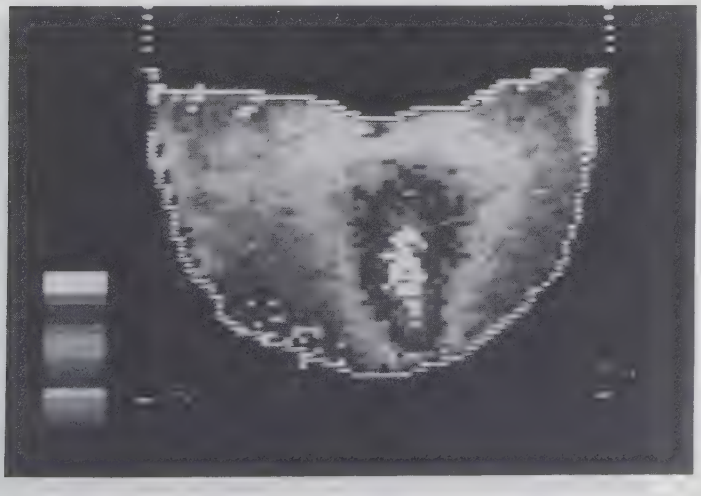
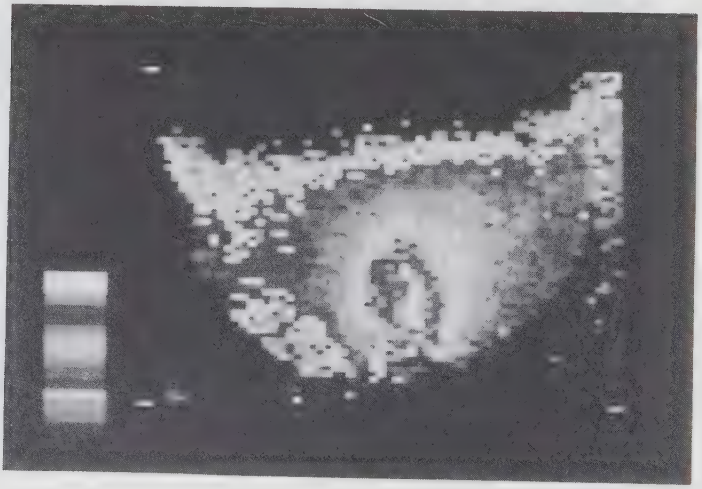


Abb. 15: Röntgenaufnahme der Tasche nach 4 Sekunden Spülung mit Broxojet Stufe 1.

Abb. 16: Entsprechendes quantitatives radiographisches Bild



V. Diskussion

Bei den in dieser Arbeit durchgeführten Spülkraft-Vergleichsmessungen zeigten sich, wie in vorausgegangenen Studien, zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den Geräten.

Im maximalen Skalenbereich wurde die "Schmerzgrenze", die bei ca. 8 pond (Spülstärke) liegt, von den meisten Geräten überschritten.
Dabei erfolgte der Spülstärkenanstieg in der Regel nicht linear (Ausnahme: Broxojet, japanisches Gerät, Privileg; die beiden letzteren blieben im maximalen Bereich jedoch unterhalb von 8 pond). Der Anstieg war zwischen der mittleren und maximalen Stufe um das Mahrfache (6 - 10fache) größer als zwischen der minimalen und mittleren.

Daraus resultiert eine deutlich schlechtere Regulierbarkeit der Spülstärke im oberen Arbeitsbereich, wohingegen gerade hier aufgrund der eventuell auftretenden negativen Auswirkungen eine gute Dosierbarkeit wünschenswert wäre.

Die durchschnittlich niedrigeren Spülkraftwerte bei der Messung mittels Dehnungsmeßstreifen werden auf die fehlende Rückstreuung des Wasserstrahls in der Plastikdose zurückgeführt. Die abprallenden Wasserteilchen führen auf der Rückseite der Dose zu einer negativen Beschleunigung der Stahlfeder. Somit kommt es zu einer Verringerung der Auslenkung bei erneut aufprallenden Impulsen, v.a. im mittleren bis oberen Arbeitsbereich.

Überträgt man dieses Ergebnis auf die Verhältnisse in der Mundhöhle, so bedeutet dies, daß z.B. im Bereich von Taschen und Nischen eine Erhöhung der Wasserstrahlkraft nicht proportional zu einer Erhöhung der Spülwirkung ist.

Es ist zu vermuten, daß v.a. im Spülstärkenbereich über ca. 10 pond das Ausmaß der Spülfähigkeit zunehmend geringer wird.

Dieses Ergebnis steht in Einklang mit der Feststellung von SELTING, BHASKAR et al. (1972), daß das direkte Einspritzen in eine Tasche im mittleren bis oberen Spülstärken-

bereich keine Verbesserung der Spülwirkung gegenüber dem senkrecht zur Zahnachse durchgeführten Bespritzen bringt.

Eine Gewebsdekompressionsphase mit der Ermöglichung eines besseren Abflusses der Spülflüssigkeit soll nach BHASKAR, CUTRIGHT et al. (1971) für eine bessere Spülwirkung pulsierender gegenüber kontinuierlich arbeitender Geräte verantwortlich sein.

In der jetzigen Untersuchung wurden 3 einstrahlige Geräte (Rowenta, Braun, Hydrojet) bei gleichen Spülkräften miteinander verglichen.

Vor allem im unteren Arbeitsbereich zeigten sich signifikante Unterschiede: Das Gerät von Braun benötigte durchschnittlich erheblich längere Zeit bis zur vollständigen Reinigung der künstlichen Zahnfleischtasche.
Auffällig war dieser Befund insbesondere, als bei identischer Spülkraft mit Hydrojet (2 pond) sowie fast identischer Wassermengenproduktion sowie Impulsfrequenz eine signifikant schlechtere Spülwirkung auftrat.
Eine Erklärung bieten die stroboskopischen Beobachtungen der Impulstrennung:
Diese war bei Braun im unteren bis mittleren Bereich kaum vorhanden, während bei Hydrojet eine sehr gute Trennung vorlag.

Dabei dürfte die bessere Spülwirkung nicht ausschließlich auf die o.a. Gewebsdekompressionsphase zurückzuführen sein, sondern auf eine erhöhte Strahlaufprallkraft.

Bei ausgeprägter Impulstrennung erhöht sich die momentan auftreffende Wassermenge (m) gegenüber einem weitgehend kontinuierlichen Strahl. (Bei über längere Zeit gemessener gleicher Gesamtwasserauswurfmenge.)

Unter der Verwendung des Impulssatzes gelangt man zu der folgenden Beziehung:

$$\text{Kraft} \quad \vec{F} = \frac{m}{\Delta t} \Delta \vec{v}$$

m = Masse
v = Geschwindigkeit
t = Zeit

Daraus folgt, daß bei einer Zunahme von $m / \Delta t$ (was bei guter Impulstrennung auftritt) eine Vergrößerung der momentanen Kraft (=Aufprallkraft) erfolgt.

Dies führt schon im unteren Arbeitsbereich zu einer erheblichen Steigerung der Spülwirkung eines pulsierenden Wasserstrahlgerätes (mit guter Impulstrennung).

Die schon von CUTRIGHT et al. (1972) festgestellte Wirbelbildung des Wasserstrahls wurde auch in dieser Untersuchung stroboskopisch beobachtet. Es zeigte sich eine deutliche Zunahme der Turbulenzen mit wachsender Entfernung des Strahls von der Düsenspitze.

Die Wasserfördermengen der untersuchten Geräte lagen bei den meisten Geräten auf Stufe

minimal: zwischen 1,4 und 2,4 ml/s (= 84 - 144 ml/min),
mittlere: zwischen 2,6 - 4,7 ml/s (= 156 - 282 ml/min),
maximal: zwischen 5,02 - 7,46 ml/s (= 301 - 448 ml/min).

Diese Ergebnisse stimmen in etwa mit den in der Literatur vorhandenen Untersuchungen überein (LANGE et al. (1976); BECHSTEIN (1978)).

Setzt man das Verhältnis Spülkraft / Wassermenge in Beziehung zur Spülstärke, so zeigt sich bei Zunahme der Spülstärke ein kontinuierlicher Anstieg des Verhältnisses Spülkraft / Wassermenge. Dieser Quotient gibt nach der auf Seite 36 dargestellten Formel die Aufprallgeschwindigkeit wieder.

Sehr unterschiedlich wurde in der Literatur die Wirksamkeit mehrstrahliger Geräte im Vergleich zu einstrahligen beurteilt.
Während BECHSTEIN (1978) feststellt, daß die kinetische Energie des einzelnen Strahles bei einem Siebenstrahler minimal ist (und somit der Reinigungseffekt), kommen LANGE (1976) sowie LANG + RÄBER (1981) zu dem Ergebnis, daß eine wesentlich höhere Energie und Aufprallgeschwindigkeit des Wasserstrahls besteht (damit eine bessere Reinigungskraft, insbesondere im Bereich der Interproximalflächen).

Diese Autoren stützen sich dabei auf früher durchgeführte Untersuchungen (CARLSON et al. (1971), GROWER und BHASKAR (1972)), wonach Wunden mittels mehrstrahliger Geräte besser gereinigt werden.

Dabei wurde eine geringere Penetration der Strahlflüssigkeit in tiefere Gewebsschichten festgestellt (CARLSON 1971).

Dieses Ergebnis zeigt jedoch, daß eine Penetration deshalb nicht stattfindet, weil wie BECHSTEIN feststellt, die kinetische Energie des Einzelstrahls minimal ist.

Die bessere Reinigung eines ebenen Wundbereichs ist vermutlich auf das breitflächigere Bespritzen durch den Mehrstrahler zurückzuführen.

In den aufgeführten Untersuchungen war darüber hinaus nicht ersichtlich, ob der Vergleich bei gleicher Spülkraft durchgeführt wurde.
LIEBERS, F. konnte zeigen, daß bei gleicher Spülkraft eine künstliche Zahnfleischtasche mittels eines einstrahligen Gerätes signifikant schneller gereinigt wurde.

Die in dieser Arbeit durchgeführten radiographischen Untersuchungen kommen zu dem gleichen Resultat.

Von anfangs 18,41 mm^2 Taschenінhalt (Röntgenkontrastmittel) waren nach 4 Sekunden Bespritzen mit dem Mehrstrahler (Broxojet) noch 6,95 mm^2 vorhanden; nach Gebrauch des Einstrahlers (Rowenta) lediglich 0,73 mm^2.

Dieses Ergebnis stimmt mit dem bei der Zahnfleischtaschenspülung (s. Abschnitt 2.1) unter Verwendung eines Farbstoffes gefundenen überein.
Bei Rowenta war nach durchschnittlich 4,33 Sekunden die Tasche leer.

Dabei zeigte sich weiterhin, daß durch die Anwendung eines flüssigen Röntgenkontrastmittels, das üblicherweise zur Sialographie, Arteriographie sowie Fistulographie verwendet wird, eine Möglichkeit besteht, in vivo exakte quantitative Messungen bezüglich der Wirksamkeit von Wasserstrahlgeräten durchzuführen.

Es soll an dieser Stelle jedoch noch erwähnt werden: Nicht das Spülen von Zahnfleischtaschen steht im Vordergrund, sondern deren Beseitigung (MUTSCHELKNAUSS (1970)).

VI. Zusammenfassung

Es wurde eine vergleichende in vitro Untersuchung von 10 handelsüblichen Wasserstrahlgeräten durchgeführt.

Hinsichtlich der Spülkraft zeigten die meisten Geräte im mittleren bis maximalen Skalenbereich einen mehrfach größeren Anstieg als im unteren Bereich, was in der Regel zu einer schlechteren Dosierbarkeit führt.

Die bei Erhöhung der Spülkraft nicht proportional sich steigernde Reinigungswirkung wurde diskutiert.

Weiterhin wurde die Abhängigkeit der Spülwirkung von der Impulstrennung aufgezeigt. Gute Impulstrennung führt zu einem besseren Spüleffekt.

Der Vergleich eines mehrstrahligen mit einem einstrahligen Gerät zeigte beim einstrahligen Gerät eine bessere Wirksamkeit im Bereich einer künstlichen Zahnfleischtasche.

Die hierbei angewandte Methode der quantitativen Radiographie wurde als mögliches in vivo Untersuchungsverfahren vorgestellt.

VII. Literaturverzeichnis

BECHSTEIN, H.: Vergleichende Untersuchungen dreier Mundduschen. Ztl. Welt 87, 953 (1978)

BHASKAR, S.N., CUTRIGHT, D.E., J. FRISCH: Effect of High Pressure Water Jet on Oral Mucosa of Varied Density. J. Periodont. 40, 593 (1969)

BHASKAR, S.N., CUTRIGHT, D.E., A. GROSS et al.: Water Jet Devices in Dental Practice. J. Periodont. 42, 658 (1971)

BOLLERHOFF, St., Th. FIEDLER: System und Wirksamkeit eines Wasserstrahlgerätes. Zahnärztl. Prax. 32, 129 (1981)

BRADY, J.M., GRAY, W.A., S.N. BHASKAR: Elektron Microscopic Study of the Effect of Water Jet Lavage Devices on Dental Plaque. J. dent. Res. 52, 1310 (1973)

CANTOR, M.T., S.S. STAHL: Interdental Col Tissue Responses to the Use of a Water Pressure Cleansing Device. J. Periodont. 40, 292 (1969)

CARLSON, M.S., R.L. BRIGGS et al.: Effect of pressure and tip modification on the dispersion of fluid throughout cells and tissues during the irrigation of experimental wounds. Oral Surg. 32, 347 (1971)

CUTRIGHT, D.E., BHASKAR, S.N., W.J. LARSON: Variable Tissue Forces Produced by Water Jet Devices. J. Periodont. 43, 765 (1972)

COVIN, N.R., LAINSON, P.A., BELDING, J.H., C.M. FRALEIGH: The Effects of Stimulating the Gingiva by a Pulsating Water Device. J. Periodont. 44, 286 (1973)

DERDIVANIS, J.P., BUSHMAKER, S., F. DAGENAIS: Effects of a Mouthwash in an Irrigation Device on Accumulation and Maturation of Dental Plaque. J. Periodont. 49, 81 (1978)

ELLIOT, J.R., BOWERS, G.M., CLEMMER, B.A., G.H. ROVELSTAD: A Comparison of Selected Oral Hygiene Devices in Dental Plaque Removal. J. Periodont. 43, 217 (1972)

FINE, D.H., A. BAUMHAMMERS: Effect of Water Pressure Irrigation on Stainable Material on the Teeth. J. Periodont. 41, 468 (1970)

FOREMANN, D.W., G.R. APP: A Method for Evaluating the Orifice Pressures of Oral Irrigation Devices. J. dent. Res. 51, 1676 (1972)

GILLETTE, W.B., R.L. Van HOUSE: Ill effects of improper oral hygiene procedures. J. Am. Dent. Ass. 101, 476 (1980)

GOLDEN, I.B., COLLINS, E.M., P.H. DEEB: A Comparative Study of the Clearance of Radio-Iodinated (I 131) Peanut Butter and Crackers from the Mouth by Two Methods of Toothbrushing. J. Periodont. 35, 495 (1964)

GROWER, M.F., S.N. BHASKAR: Effect of Pulsating Water Jet Lavage on Radioactive Contaminated Wounds. J. dent. Res. 51, 536 (1972)

HOOVER, D.R., H.B.G. ROBINSON: The comparative Effectiveness of a Pulsating Oral Irrigator as an Adjunct in Maintaining Oral Health. J. Periodont. 42, 37 (1971)

HUGOSON, A.: Effect of the Water Pik device on plaque accumulation and development of gingivitis. J. Clin. Periodont. 5, 95 - 104 (1978)

JANN, R.: Wasserstrahlapparate in der Zahnheilkunde. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 84, 110 (1974)

KLINGER, H.G.: Untersuchungen zur De- und Remineralisation von Zahnschmelz. Habilitationsschrift, Würzburg (1983)

LAINSON, P.A., BERGQUIST, J.J., C.M. FRALEIGH:	A Longitudinal Study of Pulsating Water Pressure Cleansing Devices. J. Periodont. 43, 444 (1972)
LANG, N.P., K. RÄBER:	Use of oral irrigators as vehicle for the application of antimicrobiol agents in chemical plaque control. J. Clin. Periodont. 8, 177 - 188 (1981)
LANG, N.P., K. RAMSEIER-GROSSMANN:	Optimal dosage of chlorhexidine dicluconate in chemical plaque control when applied by the oral irrigator. J. Clin. Periodont. 8, 189 - 202 (1981)
LANGE, D.E., RAGER, H., PLAGMANN, H.-Chr., M. BAUMANN:	Untersuchungen über die Wirksamkeit von Wasserstrahlgeräten im Bereich der Gingiva. Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 399 (1976)
LIEBERS, F.:	Untersuchung über die Spülwirkung von Wasserstrahlgeräten an einer künstlichen Zahnfleischtasche. Med. Diss. in Vorbereitung.
LOBENE, R.R.:	A Study of the Force of Water Jets in Relation to pain and Damage to Gingival tissue. J. Periodont. 42, 166 (1971)
LUGASSY, A.A., LAUTENSCHLAGER, E.P., D. KATRANA:	Characterization of Water Spray Devices. J. dent. Res. 50, 466 (1971)
MEKLAS, J.F., J.L. STEWART:	Investigation of the Safety and Effectiveness of an Oral Irrigation Device. J. Periodont. 43, 441 (1972)
MUTSCHELKNAUSS, R.:	Die Bedeutung von Mundspray und Wasserstrahlgeräten in der Parodontologie. Zahnärztl. Welt 79, 995 (1970)
PARFITT, G.J.:	Cleansing the Subgingival Space. J. Periodont. 34, 441 (1972)
PETERSON, W.A., W.R. SHILLER:	Unsupervised Use of a Water Spray Device by Naval Personnel. J. Periodont. 39, 335 (1968)
PITCHER, G.R., NEWMAN, H.N., J.D. STRAHAN:	Access to subgingival plaque by disclosing agents using mouthrinsing and direct irrigation. J. Clin. Periodont. 7, 300 - 308 (1980)

PLAGMANN, H.-Chr., LANGE, D., K. MÜLLER: Zytologische Studien über die Beeinflussung des oralen Gingivaepithels und des gingivalen Sulcus durch elektrische Zahnbürsten und Wasserstrahlgeräte. Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 593 - 599 (1971)

RAUSCHE, A.: Quantitative Methoden B, Hrsg. E.A. Felgenhauer, Würzburg 1970

REBSTEIN, F., J. MATTER et al.: Plak-out et Broxojet 3007. Etude clinique. Acta Parodontol. 7, 1155 (1978)

REINHARD, R.: Programmpaket zur automatischen Bilderfassung mit Hilfe eines Mikroskopdensitometers und Off-Line Bildanalyse am Monitor. Abschlußarbeit an der Fachhochschule Würzburg / Schweinfurt 1980

ROMANS, A.R., G.R. APP: Bacteremia, a Result from Oral Irrigation in Subjects with Gingivitis. J. Periodont. 42, 757 (1971)

SCHUMACHER, H.A.: Erfahrungen mit der Water-Pik-Munddusche bei der Multibandbehandlung. Quintessenz 27, 57 - 59 (1976)

SCHAER, F.P.: Mundduschen und Wasserstrahlgeräte. In: Prophylaxe, Hrsg. von S. Peters in Buch- u. Zeitschriftenverlag "Die Quintessenz" 1978

SELIGER, W.G.: A Technique for Measuring the Penetration of Pulsating-Jet Oral Irrigators. Arch. oral. Biol. 14, 435 - 436 (1962)

SELTING, W.G., S.N. BHASKAR: Target Tissue Pressures in Three Water Jet Devices. J. dent. Res. 52, 441 (1973)

SELTING, W.J., BHASKAR, S.N., R.P. MUELLER: Water Jet Direction and Periodontal Pocket Debridement. J. Periodont. 43, 569 (1972)

SILVER, J.G., MARTIN, A.W., B.C. Mc. BRIDE: Experimental transient bacteraemias in human subjects with clinically healthy gingivae. J. Clin. Periodont. 6, 33 - 36 (1979)

TEMPEL, T.R., MARCIL, J.F.A., J.S. SEIBERT: Comparison of Water Irrigation and Oral Rinsing on Clearance of Soluble and Particulate Materials from the Oral Cavity. J. Periodont. 46, 391 (1975)

Für die Überlassung des Dissertationsthemas, die jederzeit freundliche Unterstützung während der Arbeit sowie die Übernahme des Referates möchte ich Herrn Privatdozent Dr. W. Wiedemann besonderen Dank aussprechen.

Weiterhin möchte ich mich bei allen bedanken, die mir durch Anregungen oder Unterstützung beim Erstellen dieser Arbeit behilflich gewesen sind, insbesondere Herrn Dr. H.-G. Klinger.

Für die Übernahme des Korreferates danke ich Herrn Professor Dr. R. Naujoks herzlich.

Lebenslauf

Am 14.10.1948	in Schwäbisch Gmünd geboren
1955 - 59	Volksschule Lindach / Schwäb. Gmünd
1959 - 67	Parler-Gymnasium Schwäbisch Gmünd
1967 - 69	Wehrdienst
ab WS 69/70	Psychologie-Studium an der Universität Würzburg
ab WS 71/72	Doppelstudium Medizin / Psychologie (Würzburg)
April 72	Diplom-Vorprüfung f. Psychologen
März 73	Naturwissenschaftliche Vorprüfung f. Ärzte
April 74	Ärztliche Vorprüfung
März 77	Diplom-Hauptprüfung f. Psychologen bestanden
Mai 78	Approbation als Arzt
Sept. 78 - Dez. 79	Chirurgischer Assistenzarzt (Städt. Krankenhaus Wertheim/Main)
anschließend bis	Neurochirurgischer Assistenzarzt
31. März 80	(Neurochirurgische Abteilung d. Universität Ulm)
Seit April 80	Zahnmedizin-Studium (Universität Würzburg)
Seit Okt. 81	Assistenzarzt an der Kieferchirurgischen Abteilung der Universitäts-Zahn-Mund-Kieferklinik, Würzburg

Raimund Hägele

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80